

磁気共鳴分析が可能な リング状超電導磁石装置

磁気共鳴分析装置 (NMR) は、材料分析の分野では様々な利用が期待されています。例えば、二酸化炭素を排出しない高効率のエネルギー変換器として、燃料電池に期待が寄せられています。燃料電池は、触媒膜の両面から水素と酸素を供給して、化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置であり、反応の効率化のために、反応部の温度や流れを制御することが求められます。高感度のNMRを用いると、生成水の分布などを可視化することにより、燃料電池の設計上の問題点の把握や、より高出力、高効率な燃料電池開発に有用な知見を得ることが期待できます。これまでの高感度のNMRは、導入・維持ともに大きなコストを要し必ずしも広く普及するに至っていませんが、高温超電導バルク磁石を適用したNMRは、高感度、小型、低コストであることから、ブレイクスルーとなることが期待されます。

図1に高温超電導バルク磁石を適用したNMR装置の概念図を示します。クライオスタット内に高温超電導バルク材をリング（ドーナツ）状に設置し、中心に試料空間を形成した構造です。クライオスタット内は液体窒素やネオンほかで満たされています。周囲には鉄のシールド材などが設置され磁場の適正化を図っています。

これまでの超電導線材（コイル型）による磁石では電源の供給装置が必要で、各研究現場で簡単に使用できるような移動型の卓上タイプの実現は困難でした。一方、今回の発明にあるような超電導バルク磁石を使用すると、いったん磁場を着磁すれば、永久電流状態となり、液体窒素などの冷却剤を数日に一度補充することによって、永久磁石と同様な使い方ができ、電源供給も不要です。また、研究室内に限らず、現場に輸送して使用することも可能となります。

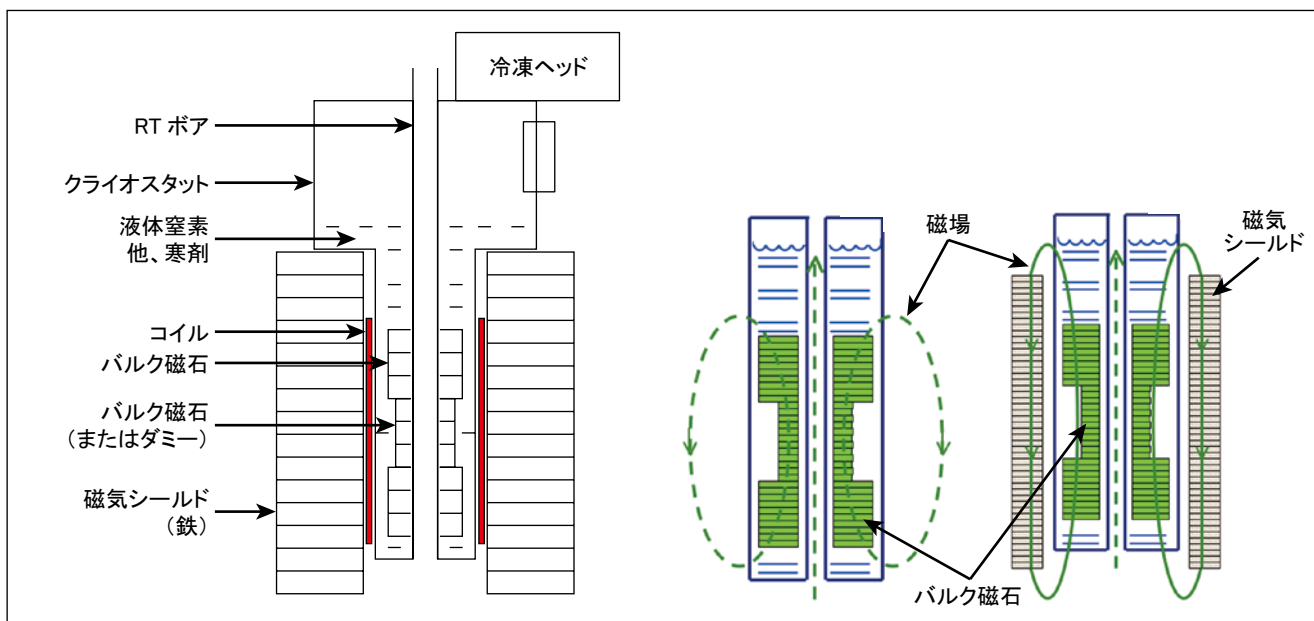


図1 磁気共鳴分析装置と磁気シールド（鉄）の構造等による磁場の最適化

発明余話

本件は発明者がマサチューセッツ工科大学 (MIT) に3年間出向していた際、そこでの研究から生まれた鉄道総研とMITの共同出願特許です。MITのフランシス・ビッター磁気研究所は、NMRの研究開発を進めており、特にその磁場補正技術は、世界で有数の技術力を有しています。超電導線材の巻線作業からクライオスタット部へのコイル取り付けまで、この研究所の中で全てを製作することができます。MITからの要望もあり、超電導バルク材料をNMRに応用することを考えました。

従来のNMRは、金属系超電導(ニオブ・チタン合金)磁石を使った装置と、永久磁石を使った装置とに大別できず(表1)。

金属系超電導磁石を使った装置の利点は、最大20T程度の強磁場を発生することが可能なことから、数十 μm の高い分解能を有することです。しかし、大型、高価格で重量も数トン以上になるため、専用の測定室(多くの場合大きな空間)が必要であり、磁場の漏れをシールドするための措置も必要となります。また、冷却には液体ヘリウムを必要とし、断熱容器は大きくなり、冷却コストも高くなります。

永久磁石を使った装置は、小型・軽量・低価格であるため、測定を行う現場の一角に置くような設置のしかたが可

《権利メモ》

発明の名称：磁気の共鳴スペクトルを得るための輪状磁石を使ったシステム

概要：高温超電導磁石からなる層状の環状形の磁石を使い、これまでにない小型・軽量で強い磁場を発生する装置を作成することができる。

出願番号：特願2008-534610 (2006.10. 3)

公表番号：特表2009-510477 (2009. 3.12)

(優先権主張国 米国 (US) のPCT出願のため)

総発明者：富田 優

共有権利者：マサチューセッツ工科大学 (MIT)

能で、必要な時に持ち運んで測定することもできます。しかし、磁場強度が最大1T程度であるため、分解能は数百 μm にとどまり、高精度な測定には向いていません。

本発明の高温超電導バルク磁石を用いた場合は、超電導磁石の利点である強磁場・高分解能と、永久磁石と同レベルの小型・軽量化とを両立できる点が優れています。高精度な測定に十分な分解能100 μm が可能です。

当初の開発の目的は材料分析のためのものでしたが、広範囲な用途が考えられ、医学・生物学分野の研究者からも「生物実験にも使える可能性が高い」との期待が寄せられています。

(材料技術研究部 超電導応用 富田 優)

表1 考えられる従来競合技術との比較(推定値)

技術名称	磁場強度	分解能	重量 (磁石のみ)	動作温度	価格 (磁石のみ)
高温超電導バルク磁石の 磁気共鳴分析装置(本発明)	○ 2.2~4.7T	○ 100 μm	◎ 数百kg (ポータブル)	○ 数十K (液体窒素, 液体ネオン)	○ 約1千万円
金属系超電導磁石の 磁気共鳴分析装置(従来型)	◎ 1.5T~20T	◎ 数十 μm	× 数トン (定置)	× 4.2K	× 数億円
永久磁石の 磁気共鳴分析装置(従来型)	× 0.2T~1T	× 数百 μm	◎ 数百kg (ポータブル)	◎ 常温	◎ 数百万円